

火災環境における被害軽減のための複数ロボットによる避難誘導方式の検討 A Study of Evacuation Guidance Method Using Multiple Robots to Reduce Damage in Fire Environment

松田 健佑[†] 打矢 隆弘[†] 内匠 逸[†]
Kensuke Matsuda Takahiro Uchiya Ichi Takumi

1. はじめに

大型施設(大学・ショッピングモール等)で行われる避難訓練では、多くの場合避難誘導者が配置され避難を促している。しかし災害時には、避難誘導者が建物外にいる場合など常に万全な状態であるとは言えない。また、火災が発生した場合は、煙による 2 次災害などの理由で人では誘導できなくなる場合が考えられる。これらのことから、避難経路の状況に応じた誘導を人に代わるものが行うことが望ましい。そこで、人に代わるものとしてロボットが自律的に避難誘導を実施する防災システムの実現に取り組む。杉江らは、マルチエージェントシミュレーションを用いて、火災が発生した場合の無人走行ロボット UGV(Unmanned Ground Vehicle)による避難誘導の効果を検証した[1]。本研究では煙が拡散する火災環境に特に焦点を当て、複数ロボットによる避難誘導手法の検討を行う。

2. マルチエージェントシミュレータ“artisoc”

本研究で使用するマルチエージェントシミュレータの artisoc は、マルチエージェントシミュレーションを容易に実行するために、株式会社構造計画研究所が開発したソフトウェアである。artisoc の実行ルールに使用されている記述言語は、基本的には Microsoft 社の VisualBasic の文法に準拠しているが、エージェント用の独自の型や関数も用意されている。

2.1 artisoc の特徴

artisoc のプログラム構成は階層構造であり、最上位に Universe エージェントが存在する。Universe の下階層に「空間」・「エージェント」・「変数」を配置し、シミュレーションを構成する(図 1)。マルチエージェントシミュレーションを行うために事前に必要な関数が組み込み関数として用意されており、またエージェントの配置や移動、取得を容易に行うことができる。

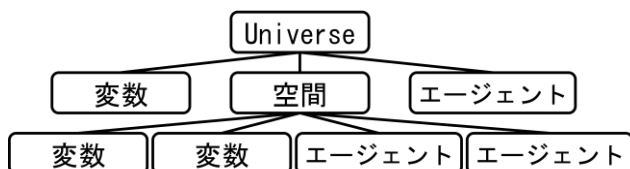


図 1 artisoc における階層構造

3. シミュレーション環境

シミュレーションの対象場所は名古屋工業大学 2 号館 2

[†]名古屋工業大学大学院工学研究科
Nagoya Institute of Technology, Graduate School of Engineering

階フロアであり、4 つの階段(北東・南東・中央・西)と複数の研究室・講義室が配置されている。

3.1 ロボット

本シミュレーションにおけるロボットは施設内の巡回を行うロボットを想定している。火災発生時は巡回を続けて避難者に対して避難誘導を行う。

ロボットが行う避難誘導は避難者に対して避難先の出口・階段を提示して行う。本環境において配置されるロボットは 2 台となっており、移動速度は 0.6m/s である。

3.1.1 ロボットの巡回方式

図 2 に本シミュレーション環境を示す。図のように研究室前の廊下や交差路にノードを設置している。ロボットは設置ノード群を巡回することによりフロア巡回を行う。



図 2 シミュレーション環境(緑丸がノード)

3.2 避難者

避難者は研究室及び講義室内に配置され、火災発生後は避難者毎にランダムに設定された避難開始時刻に避難を開始する。避難者は元々自分が向かう出口・階段が目的地として設定されており、避難開始直後は目的地に向かって避難する。そして避難中に避難誘導を行っているロボットに遭遇した場合は、目的地をロボットが提示する避難先に変更して避難する。避難者の移動する速度は 1.2m/s である。

3.3 火災・煙

火災は研究室内で発生し、本研究においては延焼については考慮していない。火災発生後に火災から煙を生成する。煙の生成後は 0.3m/s の速度で煙が廊下に拡散する。

4. 複数ロボットによる避難誘導手法 1

本研究においてこれまで実装した手法について述べる。人に代わってロボットが避難誘導を行うことによって 2 次被害の減少、そして複数ロボットの避難誘導による避難者

の煙の被害（煙害）の減少を目的として手法の実装を行った。本研究ではロボットが巡回するノード群を分割し、それらのノードを各ロボットの担当領域として、各ロボットはその担当領域内の避難者に対して避難誘導を行う。1つ目の手法は火災発生地の場所によらずロボットの担当領域を設定する手法である。実際のロボットの担当領域を図 3 に示す。

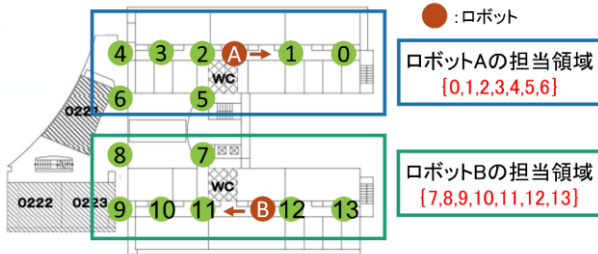


図 3 手法 1 のロボットの担当領域

4.1 実験 1

手法 1 の有効性を検証するために実験を行った。実験にて火災発生地は 4 パターンを設定した(図 4)。評価指標は、避難者が煙に触れたときにその避難者が煙に 1 分以上触れた人数の割合とし、この値を百分率で表す。煙の濃度によっては人が 1 分以上煙の中にいると死亡する確率が非常に高くなることからこの評価指標を用いている。

$$\text{煙害割合(\%)} = \frac{\text{1 分以上煙に触れた人数(人)}}{\text{煙に触れた人数(人)}}$$

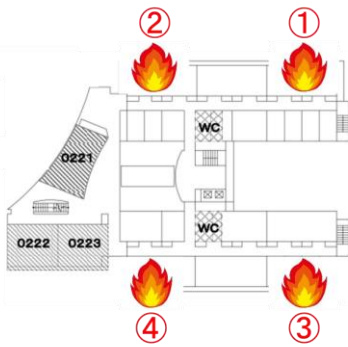


図 4 実験における火災発生地

4.2 実験結果 1

実験結果を表 1 に示す。火災発生地が 2 と 4 の時は、火災発生地 1 と 3 に比べて割合が約 2 倍になった。これは火災発生地 2 と 4 で火災が発生して煙が交差路に拡散し、煙が多方向の廊下に進むため、火災付近が担当領域であったロボットの避難誘導が不十分であるという結果になったと考えられる。

表 1 実験 1 の結果

火災発生地	割合(%)	火災発生地	割合(%)
1	11.4	3	11.5
2	25.8	4	20.3

5. 複数ロボットによる避難誘導手法 2

実験結果 1 で得られた結果から火災発生地によっては火災付近が担当領域であるロボット 1 台の避難誘導では不十分という結果が得られた。そこで 2 つ目の手法として図 5 のように火災付近を 2 台のロボットで分割して担当領域とする手法を提案する。

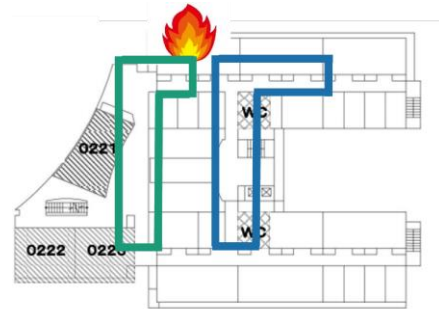


図 5 手法 2 のロボットの担当領域

5.1 実験 2

実験 1 と同様の火災発生地と評価指標を用いて手法 2 の有効性を検証するために実験を行った。

5.2 実験結果 2

実験結果を表 2 に示す。火災発生地 2 と 4 について手法 1 の時に比べて割合の減少を確認した。一方、火災発生地 1 と 3 は手法 1 の時と比べてわずかな変化という結果になった。このことから火災発生地 2 と 4 の時では火災付近の 2 台のロボットによる避難誘導の有効性が大きくなり、火災発生地 1 と 3 では火災付近のロボット 1 台の避難誘導で十分であったことが考えられる。

表 2 実験 2 の結果

火災発生地	割合(%)	火災発生地	割合(%)
1	11.5	3	10.5
2	19.1	4	16.7

6. おわりに

本研究では大型施設において火災が発生した場合に人に代わってロボットが避難誘導を行う手法の検討を行った。1つ目の手法では全てのノードを対象にノード群を分割した手法、2つ目の手法は火災付近のノード群を分割した手法を実装した。

実験結果から、火災発生場所を考慮したロボットの担当領域の設定による避難誘導手法が煙害を抑える効果を生む事を確認した。

今後は火災発生時により煙害を減らすための複数ロボットの協調行動及びロボット巡回方式について検討・考察し、評価実験により有効性を示す予定である。

参考文献

[1] 杉江竜太, 打矢隆弘, 内匠逸, “マルチロボットシミュレーションを用いたロボットによる避難誘導の評価”, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2019 講演論文集, 2019.